

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-192137

(43)Date of publication of application : 28.07.1995

(51)Int.Cl.

G06T 9/20

(21)Application number : 05-332862

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 27.12.1993

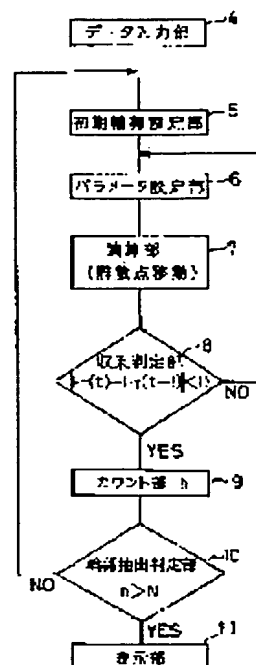
(72)Inventor : YOSHIOKA HIDEKI

(54) CONTOUR EXTRACTING METHOD AND DEVICE THEREFOR IN IMAGE PROCESSING

(57)Abstract:

PURPOSE: To extract the exact contour of an object without being affected by noise even in an image where much noise exists and locally large noise coexists in particular, in a contour extracting method minimizing the sum total of elastic energy that plural discrete points have, image energy and energy to be added at need.

CONSTITUTION: A convergence calculation is repeated till it satisfies a preliminarily set contour extraction decision condition by moving plural discrete points and extracting the contour of an object by the convergence calculation so that sum total of elastic energy that the plural discrete points have, image energy and energy to be added at need may have an extreme value, by deciding the convergence state of the contour of the extracted object based on a preliminarily set convergence condition, by using the result of the contour of the object after the convergence which satisfies the convergence condition and by changing at least one of parameters controlling each energy.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

01.02.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3311127

[Date of registration]

24.05.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-192137

(43) 公開日 平成7年(1995)7月28日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 6 T 9/20

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

7459-5L

G 0 6 F 15/ 70

3 3 5

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平5-332862

(22) 出願日 平成5年(1993)12月27日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 吉岡 秀樹

大阪府大阪市北区大淀中一丁目1番30号

梅田スカイビル タワーウエスト 株式会

社東芝関西支社内

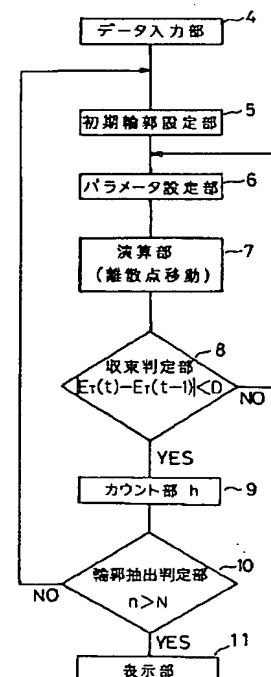
(74) 代理人 弁理士 薦田 璋子 (外1名)

(54) 【発明の名称】 画像処理における輪郭抽出方法及びその装置

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、複数の離散点が有する弾性エネルギーと、画像エネルギーと必要に応じて付加されるエネルギーとの総和を最小とする輪郭抽出法において、ノイズが多く、特に局所的に大きなノイズが混在した画像においてもその影響を受けることなく、物体の正確な輪郭を抽出することを目的とする。

【構成】 複数の離散点が有する弾性エネルギーと画像エネルギーと必要に応じて付加されるエネルギーとの総和が、極値を有するように前記複数の離散点を移動させて収束計算により前記物体の輪郭を抽出し、前記抽出された物体の輪郭の収束状態を予め設定された収束条件に基づき判定し、前記収束条件を満たした収束後の物体の輪郭の結果を用い、かつ、それぞれのエネルギーを制御するパラメータの少なくとも一つを変化させて、予め設定された輪郭抽出判定条件を満たすまで前記収束計算を繰返すものである。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 2 次元あるいは 3 次元の画像データで表された物体の輪郭を抽出する輪郭抽出方法において、物体の周囲の複数の離散点が有する少くとも弾性エネルギーと画像エネルギーとの総和が、極値を有するように前記複数の離散点を移動させて収束計算により前記物体の輪郭を抽出し、

前記収束計算の輪郭の収束状態を予め設定された収束条件に基づき判定し、

前記収束条件を満たした収束後の輪郭の結果を用い、かつ、それぞれのエネルギーを制御するパラメータの少なくとも一つを変化させて、予め設定された輪郭抽出判定条件を満たすまで前記収束計算を繰返すことを特徴とする画像処理における輪郭抽出方法。

【請求項 2】 前記輪郭抽出判定条件を満たさず再び前記収束計算を行なう場合に、前記弾性エネルギーの滑らかさを制御する項の重みが、以前の値よりも大きな値をとるようにすることを特徴とする請求項 1 記載の画像処理における輪郭抽出方法。

【請求項 3】 前記弾性エネルギーと画像エネルギーと必要に応じて付加されるエネルギーとの総和について収束計算を行い、

前記輪郭抽出判定条件を満たさず再び前記収束計算を行なう場合に、前記必要に応じて付加されるエネルギーの影響を制御する項の重みが、以前の値よりも大きな値をとるようにすることを特徴とする請求項 1 記載の画像処理における輪郭抽出方法。

【請求項 4】 前記輪郭抽出判定条件として、設定した回数だけ前記収束計算を行なうようにすることを特徴とする請求項 1 記載の画像処理における輪郭抽出方法。

【請求項 5】 前記輪郭抽出判定条件として、輪郭抽出対象物の形状と略同様の形状になった否かを条件とすることを特徴とする請求項 1 記載の画像処理における輪郭抽出方法。

【請求項 6】 2 次元あるいは 3 次元の画像データを表す物体の輪郭抽出する輪郭抽出装置において、物体の周囲の複数の離散点が有する弾性エネルギーとの総和が、極値を有するように前記複数の離散点を移動させて収束計算により前記物体の輪郭を抽出する物体輪郭抽出手段と、

この物体輪郭抽出手段により抽出された物体の輪郭の収束状態を予め設定された収束条件に基づき判定する収束判定手段と、

$$E_{\text{image}} = - (G_0 \otimes |\nabla I|)^2$$

$$= - (G_0 \otimes \sqrt{(\partial I / \partial x)^2 + (\partial I / \partial y)^2})^2$$

【数 2】 において、 G_0 は標準偏差が σ のガウシアンフィルタ、 \otimes は畳み込み演算、 I は (x, y) で画像データを表す。これらのエネルギーの総和を ET とすると、

【数 3】

$$ET = \int (E_{\text{elas}} + W_i \cdot E_{\text{image}}) ds$$

この収束判定手段によって収束条件を満たした収束後の物体の輪郭の結果を用い、かつ、それぞれのエネルギーを制御するパラメータの少なくとも一つを変化させて、予め設定された輪郭抽出判定条件を満たすまで、前記物体輪郭抽出手段に対し前記収束計算の繰返しを指示する輪郭抽出判定手段とよりなることを特徴とする画像処理における輪郭抽出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、2 次元あるいは 3 次元の画像データを有する 2 次元あるいは 3 次元形状の物体の輪郭を抽出する画像処理における輪郭抽出方法及びその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、画像情報から物体の輪郭を抽出する方法としては、Snakes: Active Contour Models (M. Kass, et. al.; Int. J. Computer Vision, 321-331 (1988)) が提案されている。この方法は、複数の離散点から定義される弾性エネルギーと、画像データから定義される画像エネルギーとの和を最小にするように離散点を移動させていくことにより、物体の輪郭を抽出する方法である。

【0003】 具体的には、図 1 に示すように輪郭抽出を行ないたい物体 2 の外側に複数の離散点で構成される閉輪郭 1 を定義する。

【0004】 この閉輪郭 1 の弾性エネルギー E_{elas} は以下の式で表わされる。

【0005】

【数 1】

$$E_{\text{elas}} = \int (\alpha (\partial V / \partial s)^2 + \beta (\partial^2 V / \partial s^2)^2) ds$$

$$V = V(x(s), y(s))$$

【0006】 【数 1】 において α 、 β はそれぞれ一次及び二次の項の重みで、それぞれ閉輪郭 1 の性質を制御するパラメータである。つまり α は閉輪郭 1 の収縮・膨張の度合いに関与し、 β は閉輪郭 1 の滑らかさの度合いに関与するパラメータである。また、 s は閉輪郭 1 上での座標である。

【0007】 また、画像エネルギー E_{image} として例えば、エッジなどの画像の特徴点でその値が最小となるような以下の関数を定義する。

【0008】

【数 2】

【0009】 【数 3】 において W_i は E_{image} の重みを表し、 W_i は、全ての離散点で同一の定数でもよく、また、

各離散点毎の定数でもよい。〔数3〕のETが最小値となるように図1の複数の離散点からなる閉輪郭1を変形させる。

【0010】つまりこの手法による輪郭抽出は、図1のような閉輪郭1を弾性的な性質を持たせつつ、エッジなどの特徴点に貼り付けさせるものである。実際に輪郭抽出を行なう場合には、〔数1〕及び〔数3〕における重み α 、 β 、 W_i を対象とする画像に応じて調整する必要がある。

【0011】ところで対象画像が、図1のようにノイズレスの画像もしくは非常にノイズが少ない画像である場合には、上記の方法で首尾よく対象物体の輪郭抽出を行なうことができる。しかし、対象画像が図2(a)に示すようにノイズが多く、特に局所的に大きなノイズ3が混在した画像である場合には、ノイズ部分で局所的にエネルギーが小さくなる、いわゆる“local minimum”の状態に陥ってしまい、結果的に図2(b)のようにノイズ部分に強く影響を受けた輪郭抽出結果となってしまうという問題があった。

【0012】また、これを回避するために、予め局所的に大きなノイズ成分を取り除くといった方法も考えられるが、この場合には画像中でどの部分がノイズであるかといった情報が必要である、といった問題があった。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、輪郭抽出対象画像にノイズが多い場合、特に局所的に大きなノイズ3が混在している場合にはノイズの影響を強く受け、正確な輪郭抽出が行なえないといった問題があった。また、予め大きなノイズを取り除くといった場合には、どの部分がノイズであるかといった情報が必要となってしまうといった問題があった。

【0014】本発明は、以上の点を鑑み、局所的に大きなノイズが混在した画像に対しても正確な輪郭抽出を行なうことができる画像処理における輪郭抽出方法及びその装置を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明の画像処理における輪郭抽出方法は、2次元あるいは3次元の画像データで表された物体の輪郭を抽出する輪郭抽出方法において、物体の周囲の複数の離散点が有する少くとも弾性エネルギーと画像エネルギーとの総和が、極値を有するように前記複数の離散点を移動させて収束計算により前記物体の輪郭を抽出し、前記収束計算の輪郭の収束状態を予め設定された収束条件に基づき判定し、前記収束条件を満たした収束後の輪郭の結果を用い、かつ、それぞれのエネルギーを制御するパラメータの少なくとも一つを変化させて、予め設定された輪郭抽出判定条件を満たすまで前記収束計算を繰返すものである。

【0016】

【作 用】本発明では、収束計算を輪郭抽出が完了した

かどうかを判定する輪郭抽出判定条件が満たされるまで繰返す。そして、収束計算を繰返す際、前時点での収束結果を初期値として用い、かつ、それぞれのエネルギーを制御するパラメータの少なくとも一つを変化させる。このようにすることで輪郭抽出対象である物体以外の部分で、局所的に大きなノイズ等が存在しても、それらの影響を受けることなく正確な輪郭抽出を行なうことができる。

【0017】

【実施例】以下、本発明の第1の実施例について図1～図3を用いて説明する。

【0018】はじめに2次元画像から輪郭抽出を行なう場合について説明する。

【0019】2次元の場合の弾性エネルギー E_{elas} は、〔数1〕で与えられる。また、画像エネルギー E_{image} として、例えば、画像のエッジなどの特徴を表わす〔数2〕を用いる。〔数3〕を最小にする解（輪郭上での各離散点の位置）は、〔数3〕を前述のM. Kass らによる変分法もしくはAmini らによる動的計画法（A. Amini et. al. : "Using Dynamic Programming for Minimizing the Energy of Active Contours in the Presence of Hard Constraints", IEEE Trans. PAMI, vol. 12, no. 9, pp855-867(1990))等を用いることによって得られる。

【0020】図3は、本実施例における画像処理のブロック図とフローチャートを兼ねた図である。

【0021】データ入力部4において、画像データが入力される。

【0022】初期輪郭設定部5において、図1に示したような輪郭抽出のための初期輪郭形状が設定される。

【0023】パラメータ設定部6において、弾性エネルギー E_{elas} の一次の重み（〔数1〕における α ）及び二次の重み（〔数1〕における β ）、画像エネルギー E_{image} の重み W_i が設定される。

【0024】演算部7において、これらの値を用いて、上述の変分法もしくは動的計画法等の収束計算を行なう各離散点の移動が行なわれる。

【0025】収束判定部8において、総和エネルギー $ET(t)$ の計算が行なわれ、前回の総和エネルギー $ET(t-1)$ との比較を行ない、前回の総和エネルギー $ET(t-1)$ との差が、しきい値Dを越えていればパラメータ設定部6に戻り、前記と同様の処理が繰返される。

【0026】カウント部9において、収束判定部8で判定基準を満たしていれば、判定基準を満たした回数nがカウントされる。

【0027】輪郭抽出判定部10において、カウント数nが設定カウント数Nに達したかどうかの判定が行なわれ、輪郭抽出が完了したかの判定が行なわれる。

【0028】カウント数nが設定カウント数Nに達して

いない場合には、初期輪郭設定部5に戻り現在の閉輪郭1が初期輪郭として再び設定される。

【0029】続いて、パラメータ設定部6において、輪郭形状の滑らかさを制御する項の重み（[数1]の場合には β の値）が変化し、上記と同様の処理が繰り返される。この際、前回での β の設定値を $\beta(n-1)$ とすると、次回の β の値 $\beta(n)$ は $\beta(n) > \beta(n-1)$ を満たすような値に設定される。設定方法として、例えば以下の[数4]～[数6]に示すような方法がある。

【0030】

【数4】

$$\beta(n) = \beta(n-1) + K$$

【数5】

$$\beta(n) = (1+K) \cdot \beta(n-1)$$

【数6】

$$\beta(n) = K \cdot \beta(n-1)$$

【0031】[数4]～[数6]においてKは正の定数で、[数6]においては $K > 1$ である。また[数4]～[数6]のような関数形式ではなくこの部分に人手を介在させ、 $\beta(n)$ を前回の $\beta(n-1)$ より大きな任意の値に設定してもよい。

【0032】カウント数nが設定カウント数Nに達していれば表示部11で輪郭抽出結果の表示が行なわれる。なお、設定カウント数Nは、人間の経験則で予め設定しておいてもよく、また、画像を見ながら逐次判断して設定してもよい。

【0033】このように弾性エネルギーの滑らかさを制御する項の大きさを以前に比較して大きくすることによって、閉輪郭1は図2(b)に示すように局所的に大きなノイズ3によって影響を受け曲率の大きくなったところをなくし、より滑らかな形状に変化しようとするため、局所的に大きなノイズの影響を受け“local minimum”の状態に陥ってしまってもその状態から逃れることができ、正確に輪郭抽出を行なうことができる。

【0034】次に、輪郭抽出対象が、ボクセルデータや複数枚のスライスデータもしくはレーザーレンジファインダから得られる3次元データである場合について図4を用いて説明する。

【0035】この場合には図1のような閉輪郭1の代わりに、図4(a)に示した格子を図4(b)のように3次元の閉輪郭1'にしたものを初期輪郭として設定すればよい。

【0036】図4(a)、(b)において、各離散点は格子の交点上に配置される。このとき、各々の格子間隔は一定である必要はなく、形状も図4(b)のような球である必要はない。上記の閉輪郭1'の弾性エネルギーEelasは次式で表わされる。

【0037】

【数7】

$$E_{elas} = \iint (W10 \cdot (\partial V / \partial i)^2 + W01 \cdot (\partial V / \partial j)^2 + W20 \cdot (\partial^2 V / \partial i^2)^2 + 2 \cdot W11 \cdot (\partial^2 V / \partial i \partial j)^2 + W02 \cdot (\partial^2 V / \partial j^2)^2) di dj$$

【0038】[数7]において、 $V(i,j) = (X(i,j), Y(i,j), Z(i,j))$ 、 i, j は格子上での座標、 $(W10, W01, \dots)$ は各項の重みで閉輪郭1'の滑らかさを制御する項は $W20, W02$ である。また、画像エネルギーEimageは[数2]と同様のものを用いるとすると、以下になる。

【0039】

【数8】

$$E_{image} = - (G_0 \otimes | \nabla I |)^2 \\ = - (G_0 \otimes \sqrt{(\partial I / \partial X)^2 + (\partial I / \partial Y)^2 + (\partial I / \partial Z)^2})^2 \\ I = I(X, Y, Z)$$

【0040】[数7]、[数8]から、輪郭抽出には[数9]に示すETを最小とするような各離散点の位置を上述の2次元の場合と同様に求めればよい。

【0041】

【数9】

$$ET = \iint (E_{elas} + W_i \cdot E_{image}) di dj$$

【数9】において、 W_i はEimageの重みである。

【0042】2次元の場合と同様に、前回での閉輪郭1'の滑らかさを制御する項の重みの値をそれぞれ $W20(n-1), W02(n-1)$ とする。閉輪郭1'においては、輪郭抽出判定条件を満たさずそれぞれの重みの設定値を変更する場合には、 i 方向及び j 方向の2方向の滑らかさを独立に変更させることができるため、次回での重みの値の変更は以下に示す1)～3)の3通りが存在し、いずれかを選択し使用すればよい。

【0043】

- 1) $W20(n) > W20(n-1), W02(n) = W02(n-1)$
- 2) $W20(n) = W20(n-1), W02(n) > W02(n-1)$
- 3) $W20(n) > W20(n-1), W02(n) > W02(n-1)$

【0044】次に、本発明の第2の実施例について図5を用いて説明する。

【0045】図5は、本実施例における画像処理のブロック図とフローチャートを兼ねた図である。

【0046】データ入力部4において、第1の実施例と同様に画像データが入力される。

【0047】初期輪郭設定部5において、輪郭抽出のための初期輪郭形状が設定される。

【0048】パラメータ設定部6において、弾性エネルギーEelasの各項の重み、画像エネルギーEimageの重み W_i が設定される。

【0049】演算部7において、これらの値を用いて、各離散点の移動が行なわれる。

【0050】収束判定部8において、総和エネルギーET(t)の計算が行なわれ、前回の総和エネルギーET(t-1)との比較を行ない、前回の総和エネルギーET(t-1)との差が、しきい値Dを越えていればパラ

メータ設定部 6 に戻り、前記と同様の処理が繰り返される。

【0051】輪郭抽出判定部 10 において、収束判定部 8 で判定基準を満たしていれば、次に輪郭抽出対象物体の形状と同様であるかの判定が行なわれる。この輪郭抽出判定方法としては、例えば、各離散点における閉輪郭 1 の曲率を求め、曲率がある値 W より大きい点が存在すれば初期輪郭設定部 5 に戻るといった方法を用いる。また、予め輪郭抽出対象物体 2 の形状がある程度わかっている場合には、閉輪郭 1 と輪郭抽出対象物体 2 の形状データとの差や比を判定条件に用いることもできる。

【0052】輪郭抽出判定部 10 で条件に達していない場合には、初期輪郭設定部 5 に戻り現在の閉輪郭 1 が初期輪郭として再び設定される。

【0053】続いて、パラメータ設定部 6 において、輪郭形状の滑らかさを制御する項の重みが増減し、上記と同様の処理が繰り返される。弾性エネルギーの滑らかさを制御する項の重みの設定方法は 2 次元の場合、3 次元の場合共に第 1 の実施例と同様である。

【0054】以上の実施例において、総和エネルギーとしては閉輪郭の弾性エネルギー E_{elas} と画像エネルギー E_{image} の和を用いたが、必要に応じてその他の拘束力に相当するエネルギー E_{ext} を付加した【数 10】、

【数 11】を用いても何ら差し支えない。【数 10】及び【数 11】において、 W_e は E_{ext} の重みである。その他の拘束力としては例えば、図 6 (a)、(b) に示すようなばね力に相当する拘束力や、図 7 (a)、(b) に示すような閉輪郭上に垂直な方向の拘束力、図 8

(a)、(b) に示すような全離散点の重心と各離散点とを結ぶ方向の拘束力などを用いることができる。

$$E_{elas} = \iint (W10(i, j) \cdot (\partial V / \partial i)^2 + W01(i, j) \cdot (\partial V / \partial j)^2 + W20(i, j) \cdot (\partial^2 V / \partial i^2)^2 + 2 \cdot W11(i, j) \cdot (\partial^2 V / \partial i \partial j)^2 + W02(i, j) \cdot (\partial^2 V / \partial j^2)^2) di dj$$

【数 14】

$E_{image} = f(d)$

【数 14】において d は輪郭抽出対象物体のエッジなどの特徴点と離散点との距離を表わし、f は任意の関数を表わす。

【0061】上記の実施例において、初期輪郭として全て閉輪郭を用いたが、図 9、図 10 及び図 11 のような開輪郭 13、13' を用いても差し支えない。

【0062】

【発明の効果】本発明によれば、ノイズが多く特に局所的に大きなノイズが混在する画像においてもその影響を受けることなく、正確な輪郭抽出を行なうことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】輪郭抽出方法 (SNAKES) を説明するための図である。

【0055】

【数 10】

$$ET = \int (E_{elas} + W_i \cdot E_{image} + W_e \cdot E_{ext}) ds$$

【数 11】

$$ET = \iint (E_{elas} + W_i \cdot E_{image} + W_e \cdot E_{ext}) di dj$$

【0056】以上の実施例において、収束計算の収束判定条件には総和エネルギーを用いたが、弾性エネルギーのみ、画像エネルギーのみ、またはその他の収束エネルギーのみ、もしくはこれらのエネルギーを組み合わせたものを判定条件に用いても差し支えない。

【0057】収束条件としてしきい値 D を使用したが、これに代えて収束計算の回数を条件としてもよい。

【0058】なお、前記輪郭抽出判定条件を満たさず再び収束計算を行なう場合に、前記必要に応じて付加されるエネルギー (例えば、前記したその他の拘束力に相当するエネルギー E_{ext}) の影響を制御する項の重みを以前の値よりも大きな値をとるようにして収束計算を繰返し、輪郭の滑らかさを変化させてもよい。

【0059】弾性エネルギー E_{elas} 及び画像エネルギー E_{image} には【数 1】、【数 7】及び【数 3】、【数 8】に示した関数を用いたが、その他の関数であっても差し支えなく、例えば、下記のように弾性エネルギー E_{elas} として【数 12】、【数 13】、画像エネルギー E_{image} として【数 14】のような形のものをを用いてもよい。

【0060】

【数 12】

$$E_{elas} = \int (\alpha(s) \cdot (\partial V / \partial s)^2 + \beta(s) \cdot (\partial^2 V / \partial s^2)^2) ds$$

【数 13】

【図 2】局所的にノイズが混在する画像に対して輪郭抽出を行なった結果を示す図である。(a) は、局所的に大きなノイズ 3 が混在した画像の図である。(b) は、ノイズ部分に強く影響を受けた輪郭抽出結果の図である。

【図 3】本発明の第 1 の実施例に係わる画像処理のブロック図及びフローチャートを兼ねた図である。

【図 4】輪郭抽出を行なうための初期輪郭の形状を示す図である。(a) は、開輪郭である。(b) は、閉輪郭である。

【図 5】本発明の第 2 の実施例に係わる画像処理のブロック図及びフローチャートを兼ねた図である。

【図 6】その他のエネルギーを付加したときの概略を示す図であって、(a)、(b) はばね力に相当する拘束力を示す図である。

【図 7】その他のエネルギーを付加したときの概略を示

す図であって、(a)、(b)は閉輪郭上に垂直な方向の拘束力を示す図である。

【図8】その他のエネルギーを付加したときの概略を示す図であって、(a)、(b)は全離散点の重心と各離散点とを結ぶ方向の拘束力を示す図である。

【図9】輪郭抽出を行なうための初期輪郭の形状を示す図であって、図は二次元の開輪郭である。

【図10】輪郭抽出を行なうための初期輪郭の形状を示す図であって、図は三次元の開輪郭である。

【図11】輪郭抽出を行なうための初期輪郭の形状を示す図であって、図は三次元の他の開輪郭である。

【符号の説明】

1 輪郭抽出のための初期輪郭（閉輪郭）

1' 3次元の輪郭抽出のための初期輪郭（閉輪郭）

2 輪郭抽出対象物体

3 局所的に大きなノイズ

4 データ入力部

5 初期輪郭設定部

6 パラメータ設定部

7 演算部

8 収束判定部

9 カウント部

10 輪郭抽出判定部

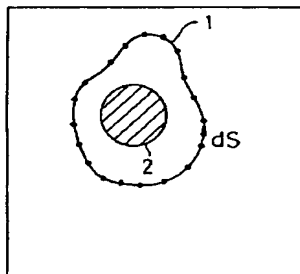
11 表示部

12 その他の拘束力

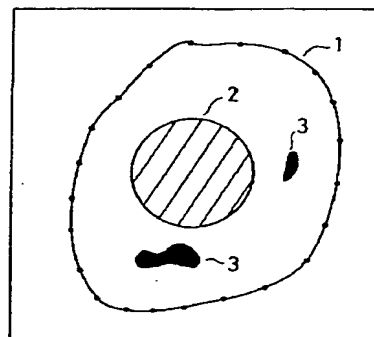
13 輪郭抽出のための初期輪郭（開輪郭）

13' 3次元の輪郭抽出のための初期輪郭（開輪郭）

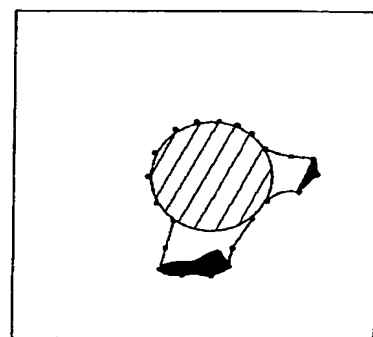
【図1】



【図2】

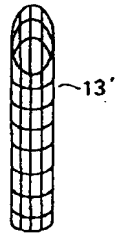


(a)



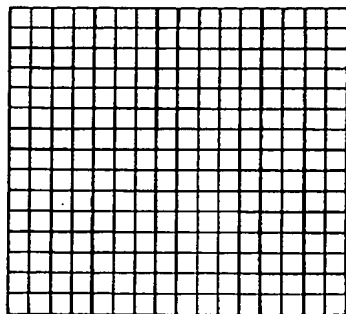
(b)

【図11】

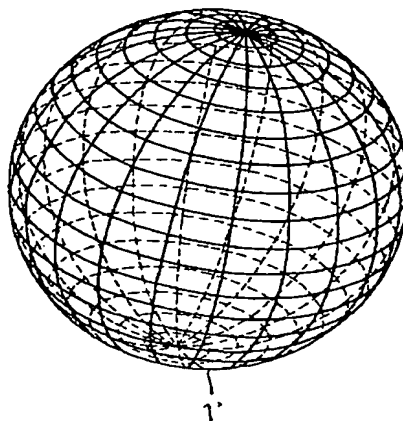


【図4】

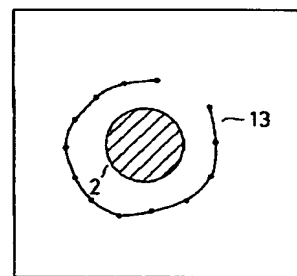
(a)



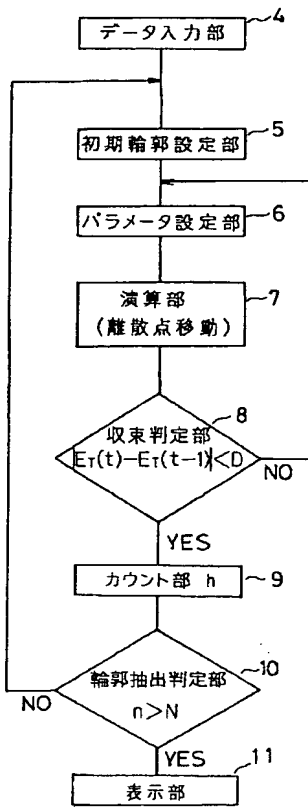
(b)



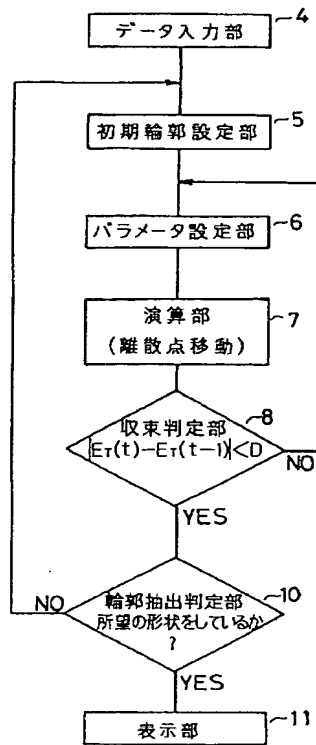
【図9】



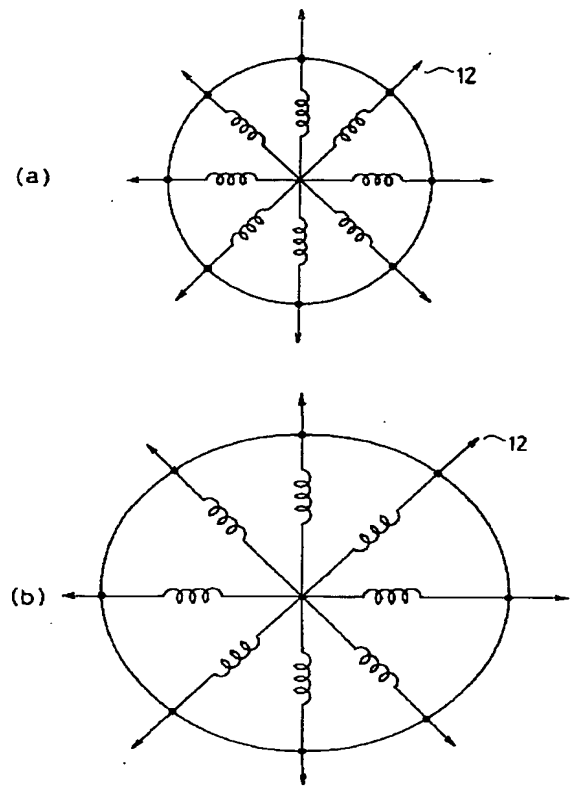
【図3】



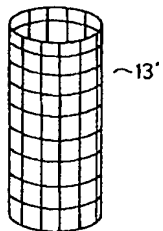
【図5】



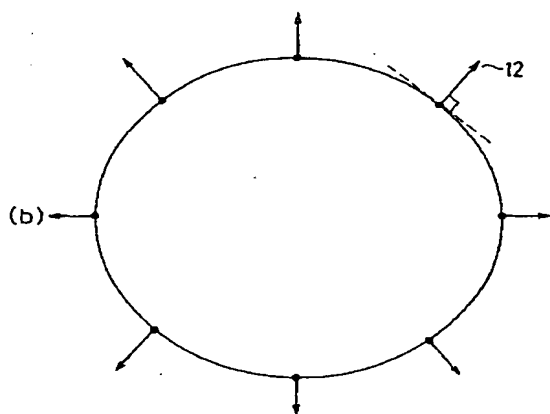
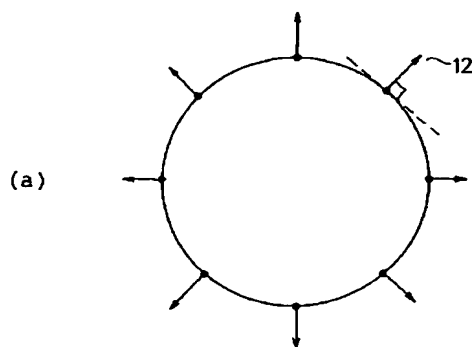
【図6】



【図10】



【図7】



【図8】

